

### Néhány alumínium-vegyület hatása különböző *Rhizobium* fajokhoz tartozó törzsek szaporodására

<sup>1</sup> H. E. A. F. BAYOUMI HAMUDA, <sup>2</sup> KUCSMA NÓRA, <sup>2</sup> VÁRADY GYÖRGY,  
<sup>2</sup> KISS ZITA, <sup>3</sup> BALÁZSY SÁNDOR és <sup>2</sup>KECSKÉS MIHÁLY

<sup>1</sup> MTA Környezetvédelmi Mikrobiológiai Tanszéki Kutatócsoport, Gödöllő

<sup>2</sup> Gödöllői Agrártudományi Egyetem, Mikrobiológiai Tanszék és

<sup>3</sup> Bessenyei György Tanárképző Főiskola, Nyíregyháza

Az ipari, kommunális és mezőgazdasági eredetű szennyeződések felhalmozódása következtében a termőtalajok fém-(nehézfém-)-tartalma az utóbbi évtizedekben általában, esetenként pedig jelentős mértékben megnövekedett. Akkor, amikor egyes fémek, illetve vegyületeik kis koncentrációkban nem csak, hogy kedvezőek, de szükségesek is egyes talajban lezajló folyamatokhoz, a növénytermeléshez, ugyanakkor nagy mennyiségű, sajátos kombinációk, káros hatásával is számolnunk kell.

KEYSER & MUNNS (1979) szerint 50  $\mu\text{M}$   $\text{Al}^{3+}$  jelenléte segíti több *Rhizobium* törzs szaporodását. THORNTON & DAVEY (1983) száz *R. trifolii* törzset megvizsgálva kijelentette, hogy a törzsek igen jól szaporodnak a táptalaj 35  $\mu\text{M}$   $\text{Al}^{3+}$ -tartalma mellett is, ezzel szemben a törzsek 70 %-a 15  $\mu\text{M}$   $\text{Al}^{3+}$ -ot volt csak képes tolerálni pH 4,2 értéknél. WOOD és munkatársai (1984) szerint ezek a törzsek szaporodásra képesek a folyékony kultúrában nevelt *Trifolium repens* esetén (pH 4,7) 25-50  $\mu\text{M}$   $\text{Al}^{3+}$ -tartalom mellett is. GRAHAM és munkatársai (1982) 55 *R. phaseoli* törzs toleranciáját tanulmányozták savas pH-jú táptalajon  $\text{Al}^{3+}$  és  $\text{Mn}^{2+}$  adagolása mellett. TREMAINE & MILLER (1983) megállapítása szerint a *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* és a *Bradyrhizobium japonicum* törzsek rezisztenciája alumíniummal szemben különböző. A rhizobiumok szaporodási képessége  $\text{Al}^{3+}$ -tartalmú tápoldatban hasonló a sav-stressznek alávetett törzsekéhez (WOOD & COOPER, 1985).

WHELAN & ALEXANDER (1986) eredményei azonban azt igazolták, hogy a *Rhizobium trifolii* törzs még akkor is jól szaporodik, amikor a táptalaj 50  $\mu\text{M}$   $\text{Al}^{3+}$ -ot tartalmaz (és pH-ja 4,6), de a szaporodás exponenciális szakasza ennél nagyobb  $\text{Al}^{3+}$ -koncentráció alkalmazása esetén már hosszúra nyúlik, és 100  $\mu\text{M}$   $\text{Al}^{3+}$  már erősen gátló hatású. A WOOD & SHEPHERD (1987) által vizsgált *Rhizobium* törzsek 14 %-a tolerálta az  $\text{Al}^{3+}$  10  $\mu\text{M}$ -ját pH 4,5 értéknél.

RICHARDSON & SIMPSON (1989) vizsgálatai szerint az  $\text{Al}^{3+}$  60  $\mu\text{M}$ -nál kisebb koncentrációban nem gátolja a *R. trifolii* nod-génjeinek aktivitását.

Ezzel szemben WOOD & COOPER (1988a,b) azt állították, hogy az 50  $\mu\text{M}$ -os  $\text{Al}^{3+}$ -koncentráció gátolja a *R. trifolii* törzsek szaporodását. WOOD és munkatársai (1988) folyékony táptalajon vizsgálva az  $\text{Al}^{3+}$  *Rhizobium* és *Bradyrhizobium* törzsekre gyakorolt hatását, kimutatták, hogy a *R. loti* szaporodása 50  $\mu\text{M}$  koncentráció (pH 4,5) alkalmazásakor visszaesett, míg a *Bradyrhizobium* sp. (*Lotus*) tolerálta azt. APPANA (1988, 1989) kimutatta, hogy a sejtfalat alkotó poliszacharidok szintézise fokozódik a gümőbaktériumoknál a  $\text{Fe}^{2+}$  és  $\text{Al}^{3+}$  táptalajban való jelenléte esetén. VARGAS & GRAHAM (1988) négy nap inkubációs idő elteltével 28 °C hőmérsékleten megfigyelte, hogy a telepek jobban tolerálták a 200  $\mu\text{M}$   $\text{Mn}^{2+}$ -t a 100  $\mu\text{M}$   $\text{Al}^{3+}$ -nál. KARANJA & WOOD (1988) vizsgálataiban alkalmazott három *R. phaseoli* törzs pH 5,5-n tolerálta a 20  $\mu\text{M}$   $\text{Al}^{3+}$ -koncentrációt, de nem voltak képesek elviselni az 50  $\mu\text{M}$ -t, pH 4,5 esetén; a törzsek a 10  $\mu\text{M}$ -t károsodás nélkül elviselték.

JOHNSON & WOOD (1990) azt állapította meg, hogy az alumínium-érzékeny törzs DNS szintézisét stimulálja az  $\text{Al}^{3+}$ , viszont a replikáció hibás lesz, a javítási mechanizmus pedig kiesik.

KINGSLEY & BOHLOOL (1992) olyan  $\text{Al}$ -mutáns *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* törzseket izoláltak, amelyek 80-100  $\mu\text{M}$   $\text{Al}^{3+}$ -tartalmú táptalajon is képesek voltak szaporodni. RAMAN-RAI (1992) vizsgálatainak eredménye szerint az  $\text{AlCl}_3$  koncentrációjának növekedése, illetve a pH csökkenése káros hatású a lencse mikroszimbiontáinak nitrogénáz aktivitására és a nitrogén fixációjára. VARGAS & DENARDIN (1992) 31 talajmintából 155 *R. leguminosarum* bv. *phaseoli* törzset izoláltak, majd ezek toleranciáját vizsgálták 100  $\mu\text{M}$   $\text{Al}^{3+}$ -mal szemben, pH 4,5 mellett, agaros táptalajon. A 155 izolátumból 77 nőtt ki a táptalajon négy nap elteltével, melyeket sav-toleráns törzseknek neveztek el. LEUSEUR és munkatársainak (1993) írása szerint, akik az *Acacia mangium* és a *Faidherbia albida* mikroszimbiontáit szelektálták sav- és alumínium-toleranciára nézve, a pH 4,5 toleráns törzsek még 100  $\mu\text{M}$   $\text{Al}^{3+}$ -koncentráció jelenlétét is elviselik a táptalajban. A szakirodalommal megegyezően arra a következtetésre jutottak, hogy a trópusi talajból származó bradyrhizobiumok tűrőképesebbek a savas és nagy alumínium-tartalmú közeggel szemben, mint a mérsékeltövi rhizobiumok. MERBACH és munkatársai (1990) szerint az  $\text{Al}^{3+}$  toxicitása a kis pH-értéknél fokozottabban károsító tényező a rhizobiumok számára.

Vizsgálataink célja az, hogy megállapítsuk, hogy a különböző alumínium-vegyületek koncentrációi, és az alumínium kötöttségi állapota mennyiben befolyásolja a különböző *Rhizobium* törzsek szaporodását laboratóriumi körülmények között.

### Anyag és módszer

Laboratóriumi feltételek között (*in vitro* kísérletek során) tanulmányoztuk néhány alumínium-vegyület ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ ) ötféle koncentrációjának (0, 25, 50, 100, 200 és 400  $\mu\text{M}$ ) hét gyors szaporodású *Rhizobium* törzsrre gyakorolt hatását:

1. <i>Rhizobium leguminosarum</i> :	Lóbab-Z	(Magyarország)
2. <i>Rhizobium leguminosarum</i> :	Bükköny 75/4	(Magyarország)
3. <i>Rhizobium leguminosarum</i> :	HB-3841	(Líbia)
4. <i>Rhizobium leguminosarum</i> :	E1012	(Anglia)
5. <i>Rhizobium phaseoli</i> :	Bab 5/3	(Magyarország)
6. <i>Rhizobium trifolii</i> :	Ló 133/64	(Magyarország)
7. <i>Rhizobium loti</i> :	Baltacim-3	(Magyarország)

A rhizobiumok tenyésztéséhez a vizsgálataink során Yeast Extract Mannitol Agar-t (YEM) (KLECKOWSKA et al., 1968), valamint YEM tápoldatot, illetve a BAYOUMI HAMUDA (1992) által módosított (kizárólag szerves alkotókat tartalmazó) YEM tápoldatot alkalmaztuk.

Azért választottuk a fenti alumínium-vegyületeket, hogy megvizsgálhassuk mennyiben befolyásolja a rhizobiumok szaporodását maga az Al kation és mennyiben azok anion része.

Az Al-tolerancia vizsgálatánál a csak szerves összetevőket (10 g mannitol és 0,4 g élesztő kivonat/liter) tartalmazó tápoldathoz (BAYOUMI HAMUDA, 1992) adagoltuk a fentiekben megadott alumínium-vegyület dózisokat. Ezen tápoldat 5  $\text{cm}^3$ -ére oltottuk a vizsgált *Rhizobium* törzsek szuszpenziójának 125  $\mu\text{l}$ -ét, melynek egy  $\text{cm}^3$ -e körülbelül  $10^7$  rhizobium-sejtet tartalmazott. Vizsgálataink során kontrollként a csak szerves alkotókat tartalmazó táptalajon történő baktériumszaporodás mértékét tekintettük.

A vizsgálatokat három ismétlésben végeztük. A törzseket rázatással 48 órán át 28 °C-on mikrofermentorban (150 fordulat/perc) tenyésztettük, a szaporodási rátát ezt követően spektrofotométerrel (DR-2000 típusú, USA), 550 nm hullámhosszon mértük.

A statisztikai számításokat ANOVA analízissel végeztük. A szignifikancia szintet  $P = 0,05$  érték mellett vizsgáltuk.

### Vizsgálati eredmények

#### *Rhizobium leguminosarum*

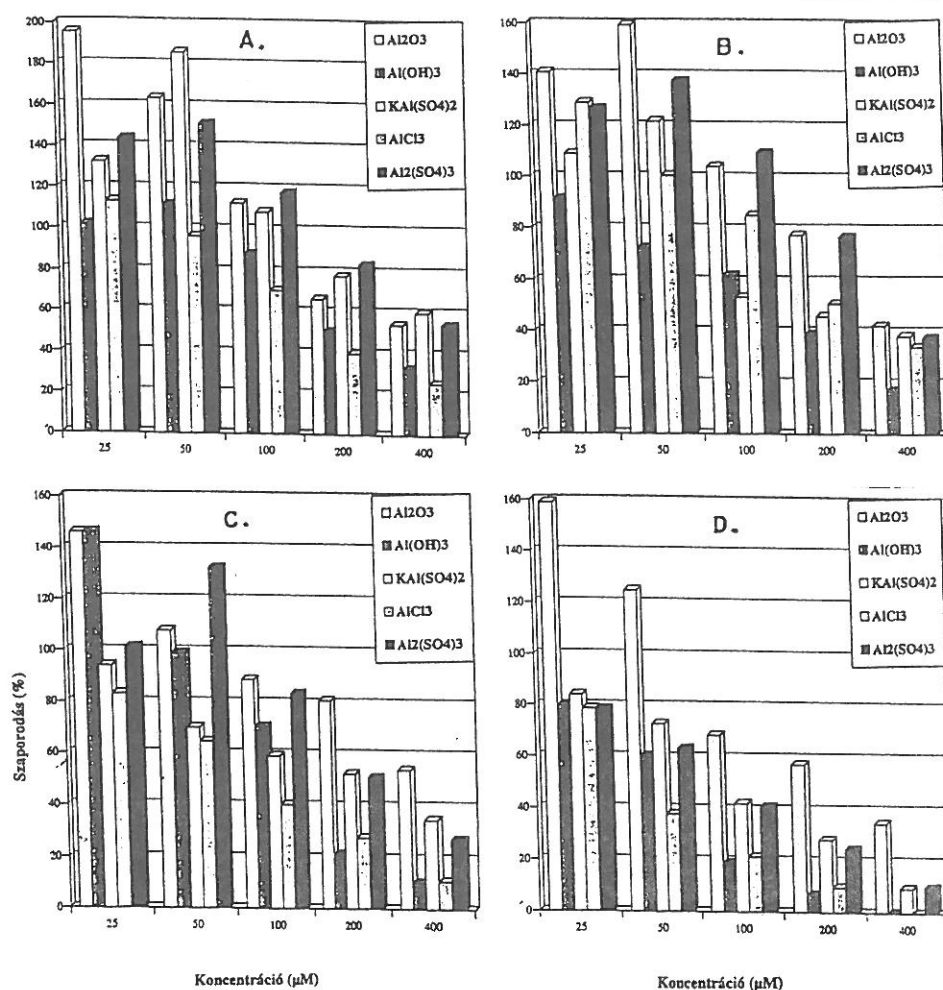
Az e fajhoz tartozó Lóbab-Z törzset hazánkban izolálták. Ez igen eltérően viselkedett a különböző alumínium-vegyületekkel szemben. Valamennyi alumínium forma szaporodásserkentő hatással volt a törzsrre még 50  $\mu\text{M}$ -os koncentrációban is, kivéve az  $\text{AlCl}_3$ -ot, melynek már ez a dózisa is gátolta a szapo-

dását. Az oxid, hidroxid és szulfát forma még 100  $\mu\text{M}$ -on is kedvező, míg a káliumos és kloridos sók ilyen adagja már csökkenti a szaporodást. Látható, hogy a tesztelt alumínium-vegyületek mindkét alkotója szaporodást befolyásoló tényező, mivel a szulfát és klorid forma savas irányba tolja el a pH-t, ami már önmagában is gátolja a törzs reprodukcióját. A  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ -ot kivéve valamennyi alumínium-vegyület koncentrációjának növelése a szaporodás visszaesését eredményezi. A rhizobiumok szaporodása 50  $\mu\text{M}$  alkalmazásakor a legkedvezőbb, itt a szaporodási ráta a kontrollénak és az  $\text{AlCl}_3$ -énak is csaknem kétszerese. 100  $\mu\text{M}$  felett már valamennyi alumínium forma toxikus a törzsre. A legkedvezőbb hatásúnak az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  mutatkozott, legtoxikusabb pedig az  $\text{AlCl}_3$  volt. Szignifikáns különbséget az  $\text{AlCl}_3$  és az  $\text{Al}(\text{OH})_3$  hatásában nem találunk. Ezzel szemben igen eltérően viselkedik a törzs az  $\text{AlCl}_3$ -dal és  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ -al, valamint a  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ -tal és  $\text{Al}(\text{OH})_3$ -dal szemben (1A. ábra).

Míg a Lóbab-Z törzsnél a szaporodást leginkább segítő koncentrációk átlagosan 29 %-kal, addig a Bükköny 75/4 törzsnél mindössze 19 %-kal emelték a sejtszámot. Alumínium-vegyületekkel szembeni toleranciája is elmarad az előbb ismertetett törzstől. Ugyancsak az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  volt a legkevésbé toxikus, annak még 100  $\mu\text{M}$ -ja is kedvezőbb a szaporodás tekintetében. Itt is annak 50  $\mu\text{M}$ -os jelenléte volt a legoptimálisabb. Kiemelkedő szaporodási ráta figyelhető meg a kloridos forma hatására is. Ezekről szignifikánsan eltér a hidroxidos forma, valamint a  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$  hatása 50  $\mu\text{M}$ -os dózis felett. Efelett a koncentráció növekedésével intenzív szaporodás-csökkenés figyelhető meg (1B. ábra).

Líbiából származik a HB-3841 jelzésű, gyengén alkálikus talajból izolált sztreptomycin (240  $\mu\text{g}/\text{ml}$ ) rezisztens mutáns törzs. Az általunk tapasztalt nehézfémekkel szembeni viselkedése hasonló a fajhoz tartozó, eddig ismertetett két törzséhez. Alumínium-vegyületekkel szembeni toleranciája már elmarad a faj többi törzsreprezentánsától. Azoktól eltérően legkedvezőbb számára az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  25  $\mu\text{M}$ -ja, e dózisonál nagyobb értéknél a szaporodása visszaesik.  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ -tal szembeni viselkedése hasonló az eddigiekéhez. Az  $\text{Al}(\text{OH})_3$ -dal szemben azonban nagyobb toleranciát tanúsított azoknál. Legtoleránsabb ez a törzs is az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -dal, majd a Bükköny 75/4-hez hasonlóan az  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ -tal szemben volt (1C. ábra).

Ez a törzs a kémhatásra nézve még kevésbé bizonyult ellenállónak, mint a két előző. Már kismértékű lúgos vagy savas irányba történő eltolódás is azonnal korlátozta a törzs szaporodását, illetve ezen korlátozódás mértéke jóval intenzívebb volt, mint bármely más, általunk tanulmányozott törzsnél, mely részben visszavezethető az alumínium-vegyületekkel szembeni toleranciájának kisebb mértékére is. Összességében elmondhatjuk, hogy a törzs mögött csak egyetlen másik, az E1012-es jelzésű maradt el az alumínium-vegyületekkel szembeni toleranciában, illetve a savas közeggel szembeni tűrőképességben.



1. ábra

A *Rhizobium leguminosarum* törzsek szaporodása különböző alumínium-vegyületek hatására. A. Lóbab-Z. B. Bükköny 75/4. C. HB-3841. D. E1012

Az angliai eredetű E1012 jelű törzs fémekkel szembeni tűrőképessége már korábbi vizsgálataink alapján a magyarországi eredetű törzsekénél kisebbnek, ezzel szemben a líbiai törzsnél nagyobbak bizonyult. Reprodukciós képessége szignifikáns különbséget mutatott a többi vizsgált törzshöz viszonyítva. Az E1012-es törzsre valamennyi alumínium-vegyület gátló hatást fejtett ki, már a vizsgált legkisebb dózisban is a szaporodási rátája a kontroll táptalajon mértnek 80 %-a volt. Ez alól kivételt csak az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  formában adagolt  $\text{Al}^{3+}$  képezett, ez serkentő hatásának bizonyult, és csak 50  $\mu\text{M}$  koncentráció felett vált toxikussá (1.D. ábra).

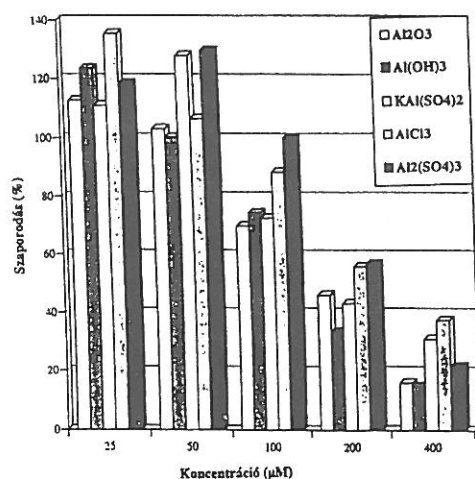
*Rhizobium phaseoli*

A Bab 5/3 jelzésű törzsről hasonló következtetéseket vonhatunk le, mint az előző, másik fajhoz tartozó négy törzsről. Szaporodásának mértéke nem fokozódik ugyanolyan intenzíven a kevés alumínium-vegyületet tartalmazó tápoldaton, mint ahogy azt a Lóbab-Z és Bükköny 75/4-es törzseknél megfigyelhettük, de a toxikus hatás az Al-vegyületek nagyobb koncentrációinak hozzáadása után sem volt olyan jelentős mértékű, mint az igen érzékenynek bizonyuló E1012 és HB 3841-es törzseknél. E törzs viselkedésében a különböző vegyületekkel szemben nem találunk szignifikáns eltéréseket. A koncentráció növekedése ez esetben is a produktivitás csökkenésével jár, kivételt képez ez alól a szulfátos forma 50  $\mu\text{M}$ -ig.

Összességében a törzs harmadik helyen áll az alumínium-vegyületekkel szembeni tolerancia csökkenő sorrendjén belül. A serkentő hatás elhanyagolható mértékű a kis dózisok mellett is. A törzs leginkább az  $\text{AlCl}_3$  és  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  nagyobb adagjait tolerálta a másik három Al-vegyülettel szemben (2. ábra).

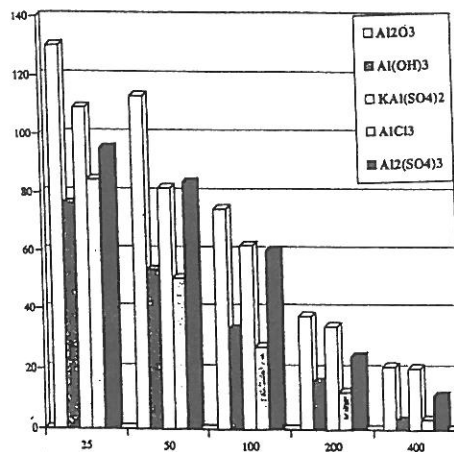
*Rhizobium trifolii*

A faj képviselői közül a Ló 133/64 jelzésű törzs alumínium-vegyületekkel szembeni viselkedését tanulmányoztuk. Szaporodási rátájának változása leginkább az E1012 jelzésű törzshez hasonló. A koncentráció-növekedés szignifikánsan csökkentette a szaporodását. Az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  még 50  $\mu\text{M}$ -os dózisa is serkenti



2. ábra

A *Rhizobium phaseoli* (Bab 5/3) törzs szaporodása különböző alumínium-vegyületek hatására



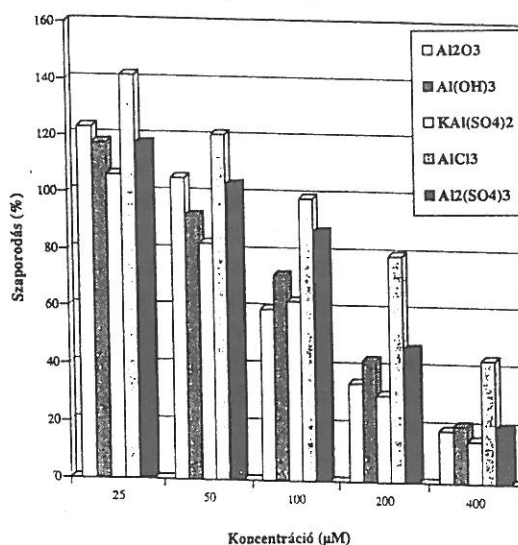
3. ábra

A *Rhizobium trifolii* (Ló 133/64) törzs szaporodása különböző alumínium-vegyületek hatására

a szaporodását. Nem találunk kiugrást 50  $\mu\text{M}$ -os dózisban egyik alkalmazott Al-forma esetén sem. A legtoxikusabb itt is az  $\text{Al}(\text{OH})_3$  és az  $\text{AlCl}_3$  volt már 25  $\mu\text{M}$ -os adagban is. Ez a *Rhizobium* törzs is az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ot tolerálta leginkább (3. ábra).

### *Rhizobium loti*

A baltacim gyökeréből izolált hazai Baltacim-3 jelű törzs a toleránsabbak közé volt sorolható. Leginkább az  $\text{AlCl}_3$  formában táptalajra bevitt  $\text{Al}^{3+}$ -ot tolerálta. A két szulfát forma közül a  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$  toxikusabbnak bizonyult számára az  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ -nál. 50  $\mu\text{M}$   $\text{Al}(\text{OH})_3$  és  $\text{Al}_2\text{O}_3$  koncentráció felett a törzs szaporodása jelentősen visszaesett (4. ábra).



4. ábra

A *Rhizobium loti* (Baltacim-3) törzs szaporodása különböző alumínium-vegyületek hatására

### Az eredmények megvitatása

Eredményeinket az 1. táblázatban foglaltuk össze, ahol az általunk vizsgált *Rhizobium* törzsek szaporodását még serkentő alumínium-vegyületek maximális koncentrációit tüntettük fel. KEYSER & MUNNS (1979) szerint az  $\text{Al}^{3+}$  50  $\mu\text{M}$  koncentrációja segíti több *Rhizobium* törzs szaporodását, viszont WOOD & COOPER (1988a, b) cikkében foglaltak azt bizonyítják, hogy 50  $\mu\text{M}$   $\text{Al}^{3+}$  koncentráció gátolja a törzsek szaporodását 4,5 pH-nál, illetve a savérzékeny törzsekét pH 5,5-es értéknél. Az 50  $\mu\text{M}$   $\text{Al}^{3+}$  toxikusabbnak bizonyult a savérzékeny törzsekre a szaporodás exponenciális szakaszában, mint a szaporodás



1. táblázat  
A *Rhizobium* törzsek szaporodását serkentő alumínium-vegyületek maximális koncentrációi

<i>Rhizobium</i> törzsek	Al-vegyületek koncentrációi (μM)				
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al(OH) <sub>3</sub>	KAl(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	AlCl <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
Lóbab-Z	100	50	100	25	100
Bükköny 75/4	100	< 25	50	50	100
HB-3841	50	50	< 25	< 25	50
E1012	50	< 25	< 25	< 25	< 25
Bab 5/3	50	50	50	50	100
L6 133/64	50	< 25	25	< 25	< 25
Baltacim-3	50	25	25	100	50

dási görbe stagnáló fázisánál (WOOD & COOPER, 1988). Meg kell említenünk, hogy az általunk vizsgált törzsek is tolerálták ezeket a dózisokat (100 μM Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> és KAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>). WHELAN & ALEXANDER (1986) megállapította, hogy a *R. trifolii* 75 μM Al<sup>3+</sup>-t tartalmazó táptalajban is képes szaporodni, de ezt a mi eredményeink nem támasztják alá, mivel az Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kivételével a többi Al-vegyület jelentősen gátolja a törzs szaporodását. Le kell szögeznünk, hogy kísérleteinkben a rhizobiumok Al<sup>3+</sup> toleranciáját néhány egyéb környezeti tényező is befolyásolhatta. Munkánkhoz hasonló szakirodalmi hivatkozásokat a különböző alumínium-vegyületek vizsgálatáról nem találtunk, de az ilyen irányú törekvések is azt bizonyítják, hogy fontos a rhizobiumok szaporodásának és túlélésének ilyen jellegű vizsgálata is.

### Összefoglalás

A szerzők néhány növényoltásra potenciálisan felhasználható, biológiai N<sub>2</sub>-kötésre képes *Rhizobium* törzs alumínium-vegyületekkel szembeni tűrőképességét tanulmányozták laboratóriumi körülmények között. A mérések 48 órás, mikrofermentoros, 25, 50, 100, 200 és 400 μM koncentrációjú Al<sup>3+</sup> ionokat tartalmazó folyékony, illetve módosított élesztőkivonat-mannit (YEM) táptalajban (BAYOUMI HAMUDA, 1992) való tenyésztés után spektrofotométerrel (DR-2000 típusú) történtek. A kapott extinkciós értékeket a kontroll %-ában adták meg.

Az Eredményekben leírtak, illetve a kapott adatok alapján, az eddigieket összegezve a következőket állapították meg:

A *Rhizobium* törzsek szaporításakor alkalmazott táptalaj, illetve a termőtalaj kémhatása jelentős mértékben befolyásoták a törzsek reprodukciós képességét.

A tanulmányozott törzsek különböző feltételek közötti eltérő viselkedése arra utal, hogy oltóanyagként való felhasználásukkor az alumínium-vegyületekkel, ill. nehézfémekkel szembeni tűrőképességüket figyelembe kell venni.



Valamennyi alumínium forma károsnak bizonyult a rhizóbiumokra 100  $\mu\text{M}$ -nál nagyobb dózisban. Feltehetően a különböző vegyületek eltérő hatása a táptalaj pH értékének megváltoztatásával és az anion rész hatásával magyarázható. Az Al-vegyületek 25 és 50  $\mu\text{M}$ -os dózisa a törzsek többségének szaporodására serkentőleg hatott, de az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  forma valamennyiükre pozitív hatást gyakorolt még 50  $\mu\text{M}$ -os koncentrációban is, itt a sejtszám nagyobb volt az Al-mentes táptalajon tapasztaltnál. A  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ -tal szemben a Magyarországon izolált törzsek toleránsabbnak bizonyultak az Angliából és Líbiából származó törzsek-nél, illetve a Lóbab-Z még 100  $\mu\text{M}$  Al-vegyületet tartalmazó közegben is intenzívebb szaporodást mutatott az Al-mentes táptalajon megfigyelténél. 100  $\mu\text{M}$  Al-tartalom felett a törzsek szaporodási rátája visszaesett. A legtoxikusabbnak az  $\text{Al}(\text{OH})_3$  mutatkozott, az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  viszont még 50  $\mu\text{M}$ -os dózisban is kedvező hatású volt valamennyi törzsrre. A vizsgált alumínium-vegyületek növekvő toxicitási sorrendje a következő volt:  $\text{Al}_2\text{O}_3 < \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 < \text{KAl}(\text{SO}_4)_2 < \text{AlCl}_3 < \text{Al}(\text{OH})_3$ .

*In vitro* körülmények között végzett vizsgálataink során a savas és lúgos közegre legkevésbé a Lóbab-Z törzs bizonyult szenzitívnek, azaz viszonylag ez volt a legtoleránsabb, míg legérzékenyebb a HB-3841 jelzésű törzs volt. Levonhatjuk tehát azt a következtetést, hogy mivel a természetben is előfordulnak hasonló anion és kation összetevők, mindenképpen érdemes vizsgálni azok együttes hatását, valamint azt is, hogy az egyes fémek hatását egyetlen só-formátumának vizsgálata alapján nem lehet általánosítani.

### Irodalom

- APPANA, V. D., 1988. A comparative study of exopolysaccharide synthesis in *Rhizobium meliloti* JJ-1 exposed to aluminium and iron. *Microbios Lett.* **55**. 33-39.
- APPANA, V. D., 1989. Exopolysaccharide synthesis in *Rhizobium trifolii* in the presence of manganese and aluminium. *Microbios Lett.* **40**. 31-36.
- BAYOUMI HAMUDA, H. E. A. F., 1992. Factors influencing the optimalization of *Rhizobium leguminosarum* and *Vicia faba* symbiosis. Cand. Biol. Sciences Dissertation. Hungarian Academy of Sciences, Budapest.
- GRAHAM, P. H. et al., 1982. Variation in acid soil tolerance among strains of *Rhizobium phaseoli*. *Field Crops Res.* **5**. 121-128.
- JOHNSON, A. C. & WOOD, M., 1990. DNA, a possible site of action of aluminium in *Rhizobium spp.* *App. Env. -Microbiol.* **12**. 3629-3633.
- KARANJA, N. K. & WOOD, M., 1988. Selecting *Rhizobium phaseoli* strains for use with beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Kenya: Ineffectiveness and tolerance of acidity and aluminium. *Plant & Soil.* **112**. 7-13.
- KEYSER, H. H. & MUNNS, D. N., 1979. Effect of calcium, manganese and aluminium on growth of rhizobia in acid media. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **43**. 500-503.
- KINGSLEY, M. T. & BOHLOOL, B. B., 1992. Extracellular polysaccharide is not responsible for aluminium tolerance of *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* C1ATH99. *Appl. Environ. Microbiol.* **58**. 1095-1101.

- KLECZKOWSKA, J. et al., 1968. The identification and classification of *Rhizobium*. In: Identification Methods for Microbiologists, Part B. (Eds.: GIBBS, B. W. M. & SHAPTON, D. A.). 61-65. Acad. Press. New York and London.
- LEUSEUR, D. et al., 1993. Selection of *Bradyrhizobium* strains and provenances of *Acacia mangium* and *Faidherbia albida*: Relationship with their tolerance to acidity and aluminium. *Plant & Soil*. **149**. 159-166.
- MERBACH, W., AUGUSTIN, J. & MIRUS, E., 1990. Effect of aluminium on the legume-rhizobia symbiosis. *Zbl. Mikrobiol.* **145**. 521-527.
- RAMAN-RAI, 1992. Effect of acidity factors on aspects of symbiotic N<sub>2</sub> fixation of *Lens culinaris* in acid soils. *J. Gen. Appl. Microbiol.* **5**. 391-406.
- RICHARDSON, A. E. & SIMPSON, R. J., 1989. Acid tolerance and symbiotic effectiveness of *Rhizobium trifolii* associated with *Trifolium subterraneum* L. based pasture growing on an acid soil. *Soil Biol. Biochem.* **21**. 87-95.
- THORNTON, F. C. & DAVEY, C. B., 1983. Acid tolerance of *Rhizobium trifolii* in culture media. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **47**. 496-501.
- TREMAINE, M. & MILLER, R. H., 1983. Extracellular polysaccharide as a potential aluminium tolerance mechanism of *Rhizobium*. Proc. 9th Am. *Rhizobium Conf.* Abstract L1. Boyce Thompson Inst. Ithaca, N. Y.
- VARGAS, A. A. T. & DENARDIN, N. T., 1992. Tolerance to acidity and soil aluminium by strains of *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* isolated in Sao Paulo State, Brazil. *Revista-Brasileira-de Ciencia-do-Solo*. **3**. 337-342.
- VARGAS, A. A. T. & GRAHAM, P. H., 1988. *Phaseolus vulgaris* cultivar and *Rhizobium* strain variation in acid-pH tolerance and nodulation under acid conditions. *Field Crops Res.* **19**. 91-101.
- WHELAN, A. M. & ALEXANDER, M., 1986. Effects of low pH and high Al, Mn and Fe levels on the survival of *Rhizobium trifolii* and the nodulation of subterranean clover. *Plant & Soil*. **92**. 363-371.
- WOOD, M. & COOPER, J. E., 1985. Screening clover and lotus rhizobia for tolerance of acidity and aluminium. *Soil Biol. Biochem.* **17**. 493-497.
- WOOD, M. & COOPER, J. E., 1988a. Acidity, aluminium and multiplication of *Rhizobium trifolii*: Effects of initial inoculum density and growth phase. *Soil Biol. Biochem.* **20**. 83-87.
- WOOD, M. & COOPER, J. E., 1988b. Acidity, aluminium and multiplication of *Rhizobium trifolii*: Possible mechanisms of aluminium toxicity. *Soil Biol. Biochem.* **20**. 95-99.
- WOOD, M., COOPER, J. E. & BOURSON, A. J., 1988. Response of Lotus rhizobia to acidity and aluminium in liquid culture and in soil. *Plant & Soil*. **107**. 227-234.
- WOOD, M., COOPER, J. E. & HOLDING, A. J., 1984. Soil acidity factors and nodulation of *Trifolium repens*. *Plant & Soil*. **78**. 367-379.
- WOOD, M. & SHEPHERD, G., 1987. Characterization of *Rhizobium trifolii* isolated from soils of different pH. *Soil Biol. Biochem.* **19**. 317-321.